

52. IWK

Internationales Wissenschaftliches Kolloquium
International Scientific Colloquium



PROCEEDINGS

| 10 - 13 September 2007

FACULTY OF COMPUTER SCIENCE AND AUTOMATION



COMPUTER SCIENCE MEETS AUTOMATION

VOLUME II

Session 6 - Environmental Systems: Management and Optimisation

**Session 7 - New Methods and Technologies for Medicine and
Biology**

Session 8 - Embedded System Design and Application

Session 9 - Image Processing, Image Analysis and Computer Vision

Session 10 - Mobile Communications

Session 11 - Education in Computer Science and Automation

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-939473-17-6

Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten
Kongressorganisation
Andrea Schneider
Tel.: +49 3677 69-2520
Fax: +49 3677 69-1743
e-mail: kongressorganisation@tu-ilmenau.de
- Redaktionsschluss: Juli 2007
- Verlag: 
Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek
Universitätsverlag Ilmenau
Postfach 10 05 65
98684 Ilmenau
www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag
- Herstellung und Auslieferung: Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG
Am Hawerkamp 31
48155 Münster
www.mv-verlag.de
- Layout Cover: www.cey-x.de
- Bezugsmöglichkeiten: Universitätsbibliothek der TU Ilmenau
Tel.: +49 3677 69-4615
Fax: +49 3677 69-4602

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2007

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Einwilligung der Redaktion strafbar.

Preface

Dear Participants,

Confronted with the ever-increasing complexity of technical processes and the growing demands on their efficiency, security and flexibility, the scientific world needs to establish new methods of engineering design and new methods of systems operation. The factors likely to affect the design of the smart systems of the future will doubtless include the following:

- As computational costs decrease, it will be possible to apply more complex algorithms, even in real time. These algorithms will take into account system nonlinearities or provide online optimisation of the system's performance.
- New fields of application will be addressed. Interest is now being expressed, beyond that in "classical" technical systems and processes, in environmental systems or medical and bioengineering applications.
- The boundaries between software and hardware design are being eroded. New design methods will include co-design of software and hardware and even of sensor and actuator components.
- Automation will not only replace human operators but will assist, support and supervise humans so that their work is safe and even more effective.
- Networked systems or swarms will be crucial, requiring improvement of the communication within them and study of how their behaviour can be made globally consistent.
- The issues of security and safety, not only during the operation of systems but also in the course of their design, will continue to increase in importance.

The title "Computer Science meets Automation", borne by the 52nd International Scientific Colloquium (IWK) at the Technische Universität Ilmenau, Germany, expresses the desire of scientists and engineers to rise to these challenges, cooperating closely on innovative methods in the two disciplines of computer science and automation.

The IWK has a long tradition going back as far as 1953. In the years before 1989, a major function of the colloquium was to bring together scientists from both sides of the Iron Curtain. Naturally, bonds were also deepened between the countries from the East. Today, the objective of the colloquium is still to bring researchers together. They come from the eastern and western member states of the European Union, and, indeed, from all over the world. All who wish to share their ideas on the points where "Computer Science meets Automation" are addressed by this colloquium at the Technische Universität Ilmenau.

All the University's Faculties have joined forces to ensure that nothing is left out. Control engineering, information science, cybernetics, communication technology and systems engineering – for all of these and their applications (ranging from biological systems to heavy engineering), the issues are being covered.

Together with all the organizers I should like to thank you for your contributions to the conference, ensuring, as they do, a most interesting colloquium programme of an interdisciplinary nature.

I am looking forward to an inspiring colloquium. It promises to be a fine platform for you to present your research, to address new concepts and to meet colleagues in Ilmenau.



Professor Peter Scharff
Rector, TU Ilmenau



Professor Christoph Ament
Head of Organisation

CONTENTS

	Page
6 Environmental Systems: Management and Optimisation	
T. Bernard, H. Linke, O. Krol A Concept for the long term Optimization of regional Water Supply Systems as a Module of a Decision Support System	3
S. Röhl, S. Hopfgarten, P. Li A groundwater model for the area Darkhan in Kharaa river Th. Bernard, H. Linke, O. Krol basin	11
A. Khatanbaatar Altantuul The need designing integrated urban water management in cities of Mongolia	17
T. Rauschenbach, T. Pfützenreuter, Z. Tong Model based water allocation decision support system for Beijing	23
T. Pfützenreuter, T. Rauschenbach Surface Water Modelling with the Simulation Library ILM-River	29
D. Karimanzira, M. Jacobi Modelling yearly residential water demand using neural networks	35
Th. Westerhoff, B. Scharaw Model based management of the drinking water supply system of city Darkhan in Mongolia	41
N. Buyankhishig, N. Batsukh Pumping well optimi ation in the Shivee-Ovoo coal mine Mongolia	47
S. Holzmüller-Laue, B. Göde, K. Rimane, N. Stoll Data Management for Automated Life Science Applications	51
N. B. Chang, A. Gonzalez A Decision Support System for Sensor Deployment in Water Distribution Systems for Improving the Infrastructure Safety	57
P. Hamolka, I. Vrublevsky, V. Parkoun, V. Sokol New Film Temperature And Moisture Microsensors for Environmental Control Systems	63
N. Buyankhishig, M. Masumoto, M. Aley Parameter estimation of an unconfined aquifer of the Tuul River basin Mongolia	67

M. Jacobi, D. Karimanzira	73
Demand Forecasting of Water Usage based on Kalman Filtering	

7 New Methods and Technologies for Medicine and Biology

J. Meier, R. Bock, L. G. Nyúl, G. Michelson	81
Eye Fundus Image Processing System for Automated Glaucoma Classification	
L. Hellrung, M. Trost	85
Automatic focus depending on an image processing algorithm for a non mydriatic fundus camera	
M. Hamsch, C. H. Igney, M. Vauhkonen	91
A Magnetic Induction Tomography System for Stroke Classification and Diagnosis	
T. Neumuth, A. Pretschner, O. Burgert	97
Surgical Workflow Monitoring with Generic Data Interfaces	
M. Pfaff, D. Woetzel, D. Driesch, S. Toepfer, R. Huber, D. Pohlers, D. Koczan, H.-J. Thiesen, R. Guthke, R. W. Kinne	103
Gene Expression Based Classification of Rheumatoid Arthritis and Osteoarthritis Patients using Fuzzy Cluster and Rule Based Method	
S. Toepfer, S. Zellmer, D. Driesch, D. Woetzel, R. Guthke, R. Gebhardt, M. Pfaff	107
A 2-Compartment Model of Glutamine and Ammonia Metabolism in Liver Tissue	
J. C. Ferreira, A. A. Fernandes, A. D. Santos	113
Modelling and Rapid Prototyping an Innovative Ankle-Foot Orthosis to Correct Children Gait Pathology	
H. T. Shandiz, E. Zahedi	119
Noninvasive Method in Diabetic Detection by Analyzing PPG Signals	
S. V. Drobot, I. S. Asayenok, E. N. Zacepin, T. F. Sergiyenko, A. I. Svirnovskiy	123
Effects of Mm-Wave Electromagnetic Radiation on Sensitivity of Human Lymphocytes to Ionizing Radiation and Chemical Agents in Vitro	

8 Embedded System Design and Application

B. Däne	131
Modeling and Realization of DMA Based Serial Communication for a Multi Processor System	

M. Müller, A. Pacholik, W. Fengler Tool Support for Formal System Verification	137
A. Pretschner, J. Alder, Ch. Meissner A Contribution to the Design of Embedded Control Systems	143
R. Ubar, G. Jervan, J. Raik, M. Jenihhin, P. Ellervee Dependability Evaluation in Fault Tolerant Systems with High-Level Decision Diagrams	147
A. Jutmann On LFSR Polynomial Calculation for Test Time Reduction	153
M. Rosenberger, M. J. Schaub, S. C. N. Töpfer, G. Linß Investigation of Efficient Strain Measurement at Smallest Areas Applying the Time to Digital (TDC) Principle	159
 9 Image Processing, Image Analysis and Computer Vision	
J. Meyer, R. Espiritu, J. Earthman Virtual Bone Density Measurement for Dental Implants	167
F. Erfurth, W.-D. Schmidt, B. Nyuyki, A. Scheibe, P. Saluz, D. Faßler Spectral Imaging Technology for Microarray Scanners	173
T. Langner, D. Kollhoff Farbbasierte Druckbildinspektion an Rundkörpern	179
C. Lucht, F. Gaßmann, R. Jahn Inline-Fehlerdetektion auf freigeformten, texturierten Oberflächen im Produktionsprozess	185
H.-W. Lahmann, M. Stöckmann Optical Inspection of Cutting Tools by means of 2D- and 3D-Imaging Processing	191
A. Melitzki, G. Stanke, F. Weckend Bestimmung von Raumpositionen durch Kombination von 2D-Bildverarbeitung und Mehrfachlinienlasertriangulation - am Beispiel von PKW-Stabilisatoren	197
F. Boochs, Ch. Raab, R. Schütze, J. Traiser, H. Wirth 3D contour detection by means of a multi camera system	203

M. Brandner Vision-Based Surface Inspection of Aeronautic Parts using Active Stereo	209
H. Lettenbauer, D. Weiss X-ray image acquisition, processing and evaluation for CT-based dimensional metrology	215
K. Sickel, V. Daum, J. Hornegger Shortest Path Search with Constraints on Surface Models of In-the-ear Hearing Aids	221
S. Husung, G. Höhne, C. Weber Efficient Use of Stereoscopic Projection for the Interactive Visualisation of Technical Products and Processes	227
N. Schuster Measurement with subpixel-accuracy: Requirements and reality	233
P. Brückner, S. C. N. Töpfer, M. Correns, J. Schnee Position- and colour-accurate probing of edges in colour images with subpixel resolution	239
E. Sparrer, T. Machleidt, R. Nestler, K.-H. Franke, M. Niebelschütz Deconvolution of atomic force microscopy data in a special measurement mode – methods and practice	245
T. Machleidt, D. Kapusi, T. Langner, K.-H. Franke Application of nonlinear equalization for characterizing AFM tip shape	251
D. Kapusi, T. Machleidt, R. Jahn, K.-H. Franke Measuring large areas by white light interferometry at the nanopositioning and nanomeasuring machine (NPM)M)	257
R. Burdick, T. Lorenz, K. Bobey Characteristics of High Power LEDs and one example application in with-light-interferometry	263
T. Koch, K.-H. Franke Aspekte der strukturbasierten Fusion multimodaler Satellitendaten und der Segmentierung fusionierter Bilder	269
T. Riedel, C. Thiel, C. Schmallius A reliable and transferable classification approach towards operational land cover mapping combining optical and SAR data	275
B. Waske, V. Heinzl, M. Braun, G. Menz Classification of SAR and Multispectral Imagery using Support Vector Machines	281

V. Heinzl, J. Franke, G. Menz Assessment of differences in multisensoral remote sensing imageries caused by discrepancies in the relative spectral response functions	287
I. Aksit, K. Bunger, A. Fassbender, D. Frekers, Chr. Gotze, J. Kemenas An ultra-fast on-line microscopic optical quality assurance concept for small structures in an environment of man production	293
D. Hofmann, G. Linss Application of Innovative Image Sensors for Quality Control	297
A. Jablonski, K. Kohrt, M. Bohm Automatic quality grading of raw leather hides	303
M. Rosenberger, M. Schellhorn, P. Bruckner, G. Lin Uncompressed digital image data transfer for measurement techniques using a two wire signal line	309
R. Blaschek, B. Meffert Feature point matching for stereo image processing using nonlinear filters	315
A. Mitsiukhin, V. Pachynin, E. Petrovskaya Hartley Discrete Transform Image Coding	321
S. Hellbach, B. Lau, J. P. Eggert, E. Korner, H.-M. Gro Multi-Cue Motion Segmentation	327
R. R. Alavi, K. Brie Image Processing Algorithms for Using a Moon Camera as Secondary Sensor for a Satellite Attitude Control System	333
S. Bauer, T. Doring, F. Meysel, R. Reulke Traffic Surveillance using Video Image Detection Systems	341
M. A-Megeed Salem, B. Meffert Wavelet-based Image Segmentation for Traffic Monitoring Systems	347
E. Einhorn, C. Schroter, H.-J. Bohme, H.-M. Gro A Hybrid Kalman Filter Based Algorithm for Real-time Visual Obstacle Detection	353
U. Knauer, R. Stein, B. Meffert Detection of opened honeybee brood cells at an early stage	359

10 Mobile Communications

K. Ghanem, N. Zamin-Khan, M. A. A. Kalil, A. Mitschele-Thiel Dynamic Reconfiguration for Distributing the Traffic Load in the Mobile Networks	367
N. Z.-Khan, M. A. A. Kalil, K. Ghanem, A. Mitschele-Thiel Generic Autonomic Architecture for Self-Management in Future Heterogeneous Networks	373
N. Z.-Khan, K. Ghanem, St. Leistritz, F. Liers, M. A. A. Kalil, H. Kärst, R. Böringer Network Management of Future Access Networks	379
St. Schmidt, H. Kärst, A. Mitschele-Thiel Towards cost-effective Area-wide Wi-Fi Provisioning	385
A. Yousef, M. A. A. Kalil A New Algorithm for an Efficient Stateful Address Autoconfiguration Protocol in Ad hoc Networks	391
M. A. A. Kalil, N. Zamin-Khan, H. Al-Mahdi, A. Mitschele-Thiel Evaluation and Improvement of Queueing Management Schemes in Multihop Ad hoc Networks	397
M. Ritzmann Scientific visualisation on mobile devices with limited resources	403
R. Brecht, A. Kraus, H. Krömker Entwicklung von Produktionsrichtlinien von Sport-Live-Berichterstattung für Mobile TV Übertragungen	409
N. A. Tam RCS-M: A Rate Control Scheme to Transport Multimedia Traffic over Satellite Links	421
Ch. Kellner, A. Mitschele-Thiel, A. Diab Performance Evaluation of MIFA, HMIP and HAWAII	427
A. Diab, A. Mitschele-Thiel MIFAv6: A Fast and Smooth Mobility Protocol for IPv6	433
A. Diab, A. Mitschele-Thiel CAMP: A New Tool to Analyse Mobility Management Protocols	439

11 Education in Computer Science and Automation

S. Bräunig, H.-U. Seidel Learning Signal and Pattern Recognition with Virtual Instruments	447
St. Lambeck Use of Rapid-Control-Prototyping Methods for the control of a nonlinear MIMO-System	453
R. Pittschellis Automatisierungstechnische Ausbildung an Gymnasien	459
A. Diab, H.-D. Wuttke, K. Henke, A. Mitschele-Thiel, M. Ruhwedel MAeLE: A Metadata-Driven Adaptive e-Learning Environment	465
V. Zöppig, O. Radler, M. Beier, T. Ströhla Modular smart systems for motion control teaching	471
N. Pranke, K. Froitzheim The Media Internet Streaming Toolbox	477
A. Fleischer, R. Andreev, Y. Pavlov, V. Terzieva An Approach to Personalized Learning: A Technique of Estimation of Learners Preferences	485
N. Tsyrelchuk, E. Ruchaevskaia Innovational pedagogical technologies and the Information educational medium in the training of the specialists	491
Ch. Noack, S. Schwintek, Ch. Ament Design of a modular mechanical demonstration system for control engineering lectures	497

T. Koch / K.-H. Franke

Aspekte der strukturbasierten Fusion multimodaler Satellitendaten und der Segmentierung fusionierter Bilder

Einführung

Im Rahmen verschiedener Missionen zur Fernerkundung der Erdoberfläche entsteht multimodales und multitemporales Bildmaterial sowohl aus dem optischen Spektralbereich als auch Radar-Daten unterschiedlicher Polarität und Auflösung.

Diese Daten können zur Lösung vielfältiger Problemstellungen, wie z.B. die automatische Kartierung von Feldfruchtarten, die Ermittlung biophysikalischer Kenngrößen und die Erfassung der Änderungsdynamik, eingesetzt werden (s. [5],[6]).

Im Rahmen des Verbundprojektes ENVILAND¹ entstand ein Software-Prototyp, der diese Eingangsdaten durch eine Kette mehrerer Verarbeitungsstufen zu einem klassifizierten Labelbild verarbeitet. Wesentliche Teilaspekte² sind hierbei die Fusion des multimodalen Bildmaterials und dessen anschließende Segmentierung.

Dieser Beitrag soll einige Ergebnisse darstellen, die im Rahmen des Verbundprojektes ENVILAND bei dem *Zentrum für Bild- und Signalverarbeitung e.V. (ZBS)* entstanden sind.

Problemstellung

Das von den Herstellern (ESA,NASA,...) gelieferte Datenmaterial kann zwar (meist manuell) geocodiert bezogen werden, jedoch ist diese Geocodierung in der Regel nicht so genau, dass damit eine pixelgenaue Registrierung durchgeführt werden kann. Dieses Problem verschärft sich insbesondere bei Verwendung von Bildmaterial verschiedener Hersteller oder unterschiedlicher Modalität (SAR, VIS, IR, ...), da eine jeweils verschiedene Grundlage³ zur Geocodierung eingesetzt wird.

Die Fusion ist in der vorgesehenen Verarbeitungspipeline nach einer Geocodierung

¹ gefördert mit Mitteln des *Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie* (BMW) durch das *Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt* (DLR) unter der Fördernummer 50 EE 0406;

weitere Partner: *Jena-Optronik AG*, *FSU-Jena*, *ZFL-Bonn* und *Desotron GmbH*

² die Verarbeitungsstufen *Kantenextraktion*, *Fusion* und *Segmentierung* wurden durch das ZBS erstellt

³ bezüglich Vorverarbeitungs-Algorithmen, digitales Geländemodell, manuell gesetzte Passpunkte, ...

und anschließender Kantenextraktion eingegliedert. Sie soll das geocodierte (und orthorektifizierte⁴) Bildmaterial pixelgenau registrieren (Bestimmung von Translation, Skalierung und Rotation eines affinen Modellansatzes) und dadurch einen Bildstapel für die anschließende Segmentierung liefern.

Aufgabe dieser Segmentierung ist die Erzeugung einer Karte homogener Regionen, die dazu dient, einer anschließenden segmentbasierten Klassifikation Regionenmerkmale (inkl. abgeleiteter Texturmerkmale) zu liefern. Mit Hilfe dieser Klassifikation werden die gesuchten Klassenzugehörigkeiten (z.Z. vier Grundklassen) ermittelt.

Hauptproblem der Registrierung von Bildmaterial unterschiedlicher Modalität ist die Tatsache, dass die physikalische Ursache der Bilder und die verwendeten Sensoren völlig verschieden sind. Daraus resultiert eine geringe Korrelation zwischen Bildern unterschiedlicher Modalität. Aus diesem Grund sind herkömmliche grauwertbasierte Korrelationsverfahren ungeeignet und fehleranfällig (Abbildung 4, links).

Weiterhin sind unterschiedliche Auflösungen sowie Rauscheinflüsse (insb. bei SAR) zu bewältigen. Typische zu prozessierende Bildgrößen sind 12000x12000 Pixel! Daraus ergeben sich spezielle Erfordernisse sowohl an die Komplexität der eingesetzten Algorithmen als auch an das Speicherhandling.

Prinzip-bedingte (und durch die Geocodierung nur teilweise kompensierte) lokale Verzeichnungen sollen möglichst nur geringen störenden Einfluss zeigen. Diese lokalen Verzeichnungen resultieren aus abbildungstypischen Eigenschaften der eingesetzten Sensorik (z.B. bei Radar: foreshortening und perspektivische Verzerrungen bei optischen Abbildungssystemen) die im Zusammenhang mit unterschiedlichen Geländehöhen entstehen.

Weitere spezielle sensortypische Störungen sind Wolken (VIS) und Radar-Schatten (SAR). Diese sollen während der Geocodierung erkannt und ausmaskiert werden.

Eine spezielle Herausforderung sind urbane Regionen. Diese sind gekennzeichnet durch eine hohe Variabilität, was zu Problemen in der Fusion und Segmentierung⁵ führt.

Lösungsansatz zur Bildfusion

Um das oben erwähnte Problem der geringen Korrelation zu lösen, müssen Strukturinformationen verwendet werden, welche in allen Modalitäten extrahierbar

⁴ Herstellung eines homogenen Bezugs zwischen Pixelposition und geografischer Koordinate

⁵ macht Einsatz geeigneter Texturfilter (wie z.B. NGLD [5]) oder spezieller Nachbearbeitung erforderlich

sind und in dem jeweils anderen Bildkanal mit hoher Wahrscheinlichkeit wiedergefunden werden können. Als eine solche gemeinsame Strukturinformation können die Übergangsbereiche (Kanten) an Segmentgrenzen benutzt werden. Um diese zu extrahieren, wird eine Filterung mit einem Deriche-Gradienten-Filter [4] durchgeführt. Eine *Non-Maximum*-Unterdrückung und die anschließende *Scan-Along*-Konturverfolgung (s. [1]) führen zur Kanteninformation.

In [3] wird ein Verfahren beschrieben, das eine kantenbasierte Korrelation durchführt. Es korreliert einzelne Kantenpunkte eines Bildkanals mit einem Invers-Distanz-Bild des jeweils anderen Kanals. Durch Variation der Transformationsparameter und anschließender Korrelation wird das beste Transformationsmodell ermittelt. Der Autor selbst schildert aber die „anziehende“ Wirkung stark strukturierter Regionen, die durch sehr hohe Korrelationswerte zur ungerechtfertigten Bevorzugung eben dieser Regionen führt. Die Ursache hierfür ist die glättende Eigenschaft der Invers-Distanz-Funktion, die über die Regionen verschmierte Korrelationswerte verursacht. Außerdem ist das Verfahren nicht determiniert, da nur zufällig gewählte Einzelpixel für die Korrelation Verwendung finden.

Um diese Probleme zu umgehen, wurde eine Alternative entwickelt, die auf dem in [3] beschriebenen Verfahren aufbaut.

Ausgangspunkt ist die Überlegung, dass Fehlkorrelationen hauptsächlich durch einander kreuzende statt durch deckungsgleich liegende Kanten gekennzeichnet sind. Deshalb wird im Gegensatz zu [3] nicht der Kantenort, sondern eine *kombinierte Betrags- und Richtungskorrelation* der jeweiligen Gradienten an den Kantenorten benutzt, die den Korrelationsbeitrag der Kanten minimiert, welche mit unterschiedlicher Orientierung überlagert würden.

Weiterhin werden jetzt alle Konturpixel in beiden Bildern berücksichtigt.

Das Neue an dem hier entwickelten Verfahren ist die mathematische Realisierung der Richtungs- bzw. Winkelkorrelation im Fourierbereich. Unter Zuhilfenahme einer schnellen Fouriertransformation (z.B. Radix-2, FFTW, o.ä.) wird dadurch eine Komplexität des Algorithmus von $O(N \cdot \log N)$ erreicht (s. [2]). (Bisherige Verfahren berechnen eine Winkelkorrelation im Ortsbereich und erzielen dadurch eine Komplexität von $O(N^2)$!) Erst dadurch wird es möglich, die geforderten Bildgrößen in angemessener Zeit zu verarbeiten.

Konkret wird der Umstand ausgenutzt, dass eine Kreuz-Korrelation (KKF) als Faltung eines Bildes mit einem rotierten Kern aufgefasst werden kann. Diese stellt im

Fourierbereich eine Multiplikation des fouriertransformierten Bildes mit dem konjugiert-komplexen, fouriertransformierten Kern dar (Gleichung 1; [1], ff. ME5, ME15).

$$C(dx, dy) = \sum_{\forall x} \sum_{\forall y} A(x, y) B(x + dx, y + dy) = A(x, y) * B(-x, -y) \quad Q(x, y) = \frac{C(x, y) - \text{lm}_C(x, y)}{\min_{\forall x, y} C(x, y)}$$

$$C(dx, dy) = A(x, y) * B(-x, -y) \quad \text{oder} \quad F\{A(x, y)\} \cdot F^*\{B(x, y)\}$$

Gleichung 1 Äquivalenz der KKF im Fourierbereich; mit $F\{\bullet\}$ als Fouriertransformation; A,B als Quellbilder; C als Korrelationsbild

Gleichung 2 Gütemaß Q (lm_C ist der Mittelwert von C in einer lokalen Umgebung um (x,y))

Die Translationsparameter lassen sich durch Suche nach dem Optimum (hinsichtlich eines Gütemaßes (Gleichung 2)) im Korrelationsbild bestimmen. Die Skalierungs- und Rotationsparameter werden durch wiederholte Ausführung der Korrelation, bei sukzessiver Variation derselben Parameter und gezielter Auswahl der besten Korrelationsvariante ermittelt.

Wenn bereits eine initiale (aber ungenaue) Pre-Registrierung vorhanden ist, ist es meist nicht nötig, das komplette Korrelationsbild zu berechnen. Vielmehr ist ein kleiner Ausschnitt um die erwartete Position des Maximums von Interesse. Dieser kann bestimmt werden, indem beide Eingangsbilder in Kacheln zerlegt, jeweils zugehörige Kacheln der beiden Kanäle korreliert und die Korrelationsergebnisse anschließend aufakkumuliert werden. Hierbei ist aber zu beachten, dass eine einfache (nicht-überlappende) Kachelung eine unvollständige Korrelation in dem Sinne darstellt, dass Informationen in Randbereichen von Kacheln nicht mit denen der jeweiligen Nachbarkacheln in Beziehung gesetzt werden. Die Folge ist eine vom Zentrum des Korrelationsbildes zum Rand hin abnehmende Signifikanz der Korrelationswerte. Um dieses Problem zu lösen, wurde eine überlappende Kachelung eingesetzt, die in einer definierten Umgebung (um die Mitte des Korrelationsbildes) korrekte Werte ermittelt. Hierbei bestimmt die Breite der Überlappung die Größe des Signifikanzbereiches um das Zentrum des Korrelationsbildes. Die dabei erforderliche Kachelgröße kann cache-optimal realisiert werden.

Bewertung

In Abbildung 4 sind die Ergebnisse verschiedener Verfahren dargestellt. Der hier prozessierte Ausschnitt (Abbildung 1) hat eine Bildgröße von 512×512 Pixel.

Allgemein gilt, je ausgeprägter der Peak im Korrelationsbild ist, um so sicherer kann eine korrekte Korrelation bestimmt werden. Es ist deutlich zu erkennen, dass die grauwertbasierte Korrelation (Abbildung 4, links) keine sichere Bestimmung der

Translationsparameter zulässt. Das Verfahren nach [3] liefert dagegen schon ein deutlich besseres Ergebnis (Abbildung 4, mitte). Allerdings wurde dieses, nicht wie in [3] beschrieben, auf Basis einer Korrelation von Einzelpixeln, sondern durch Korrelation aller Kantenpixel berechnet. Nach Meinung des Autors stellt dies somit den optimalen Grenzfall dieses Verfahrens dar.

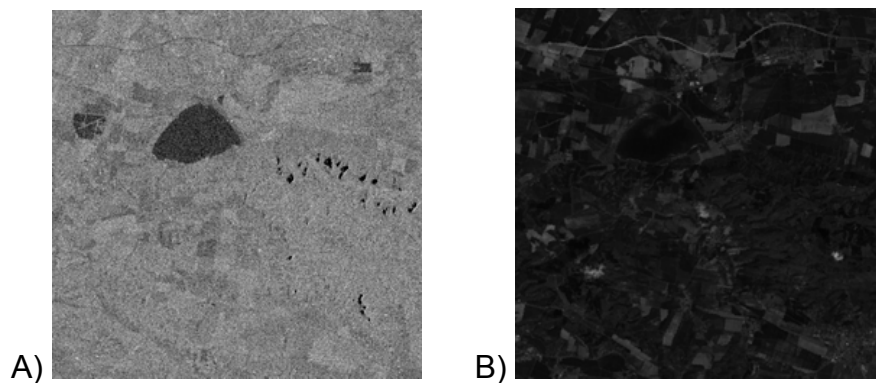


Abbildung 1 Beispiel zweier zu registrierender Kanäle (Ausschnitt aus einer Szene bei Nordhausen (A: ASAR⁶ VV-Polarisation B: Landsat-5, Kanal 3)

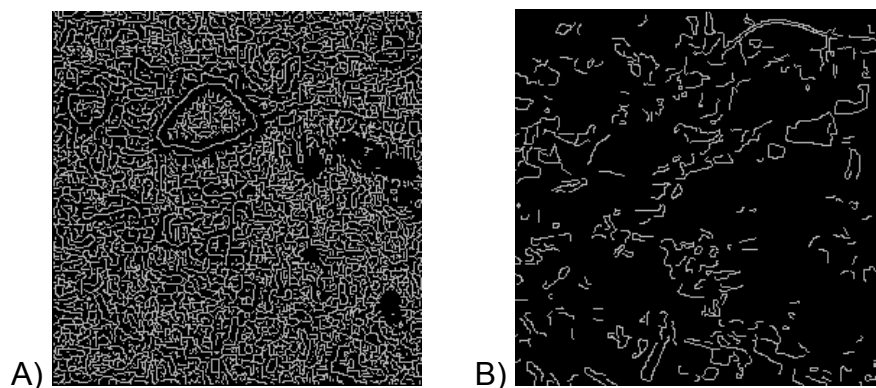


Abbildung 2 aus Originalbildern extrahierte Kantenbilder (links: Konturbild A, rechts: Konturbild B)

Das im Rahmen dieses Projektes entwickelte Korrelationsverfahren zeigt ein noch deutlicher ausgeprägtes Maximum (Abbildung 4, rechts), was auf eine generell sicherere Ableitung der Translationsparameter hindeutet.

Die Ausführungszeit⁷ für die Bestimmung dieses Korrelationsbildes betrug weniger als 2 Sekunden. Wird die komplette Szene (korrelierter Ausschnitt: 4112×3292 Pixel) fusioniert, wird eine Ausführungszeit von ca. 45 Sekunden benötigt.

⁶ die ENVISAT ASAR- und ERS-2-Daten wurden mit freundlicher Genehmigung der Europäischen Raumfahrt-Agentur (ESA) zur Verfügung gestellt (Category-1 Project C1P 3115)

⁷ System: Pentium IV; 2,53 GHz; 1GB RAM / Kachelgröße jeweils 512x512 Pixel



Abbildung 3 Ausschnitt aus Konturbild A nach Bewertung mit Invers-Distanz-Funktion

$$D^{-1}(x, y) = \frac{1}{\left(1 + \frac{r(x, y)}{a}\right)^2}$$

Gleichung 3 Inverse-Distanz D^{-1} ; mit $r(x, y)$ als euklidischer Abstand von Pixel(x,y) zu nächsten Konturpixel ; a ist Steuer-Parameter

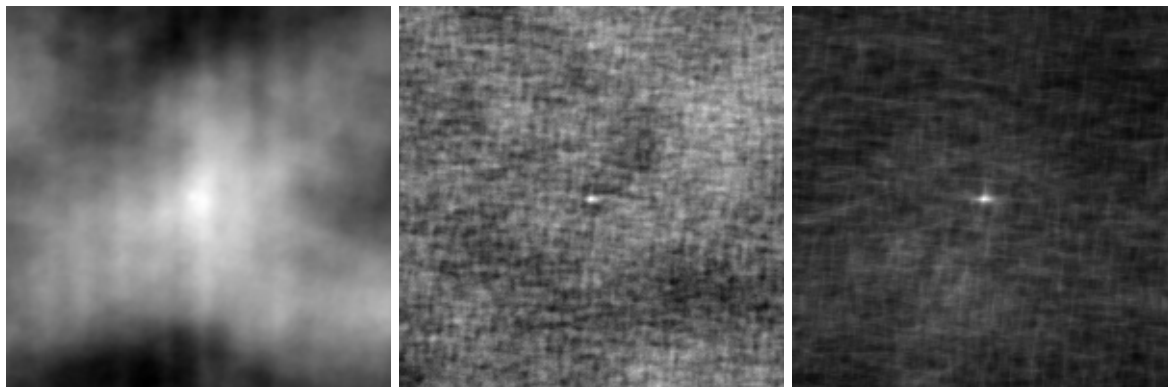


Abbildung 4 Korrelations-Ergebnisse (links: klassische Grauwert-Korrelation; mitte: Verfahren nach [3]; rechts: kombinierte Betrags- und Richtungskorrelation)

Literatur:

- [1] K.-H. Franke: „Grundlagen der digitalen Bildverarbeitung und Mustererkennung“, Schriftenreihe des ZBS e.V., ISSN 1432-3346, Ilmenau, 2004
- [2] Dieter Kreß, Ralf Irmer: „Angewandte Systemtheorie – Kontinuierliche und zeitdiskrete Verarbeitung“, Verlag Technik Berlin; 1989; ISBN 3-341-00693-1
- [3] Axel Pinz, Manfred Prantl, Harald Ganster: „A Robust Affine Matching Algorithm Using an Exponentially Decreasing Distance Function“, Journal of Universal Computer Science, vol. 1. no. 8, pp. 614-631;1995
- [4] R. Deriche, "Using Canny's criteria to derive an optimal edge detector recursively implemented," The International Journal on Computer Vision, Vol. 1, No. 2, April 1987, pp 167-187
- [5] Riedel, T., C. Thiel, C. Schmulius & K.-H. Franke (2006): "Extraktion von Landbedeckungsinformationen - ein automatisierter Ansatz mittels multitemporalen C-Band Daten"; 26. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, Berlin-Adlershof, 11. -- 13 September, CD-ROM
- [6] V. Heinzel, B. Waske, M. Braun, G. Menz (2005): "The potential of multitemporal and multisensoral remote sensing data for the extraction of biophysical parameters of wheat", SPIE Europe Bruges, Belgium, September, 2005, Proc. SPIE Vol. 5976, pp. 404-412

Autoren:

Torsten Koch

Karl-Heinz Franke

Zentrum für Bild- und Signalverarbeitung e.V.(ZBS), Gustav-Kirchhoff-Str. 5
98693 Ilmenau (Germany)

Phone: +49-3677-201030- 4 (Koch) / 0 (Franke)

Fax: +49-3677-2010301

E-mail: torsten.koch(at)zbs-ilmenau.de / karl-heinz.franke(at)zbs-ilmenau.de